

Braunschweigische
Wissenschaftliche Gesellschaft

Jahrbuch 2017

Sonderdruck
Seiten 177–187



J. CRAMER Verlag · Braunschweig
2018

„Die Zukunft des Ozeans – Vom Entdecken zum Handeln“*

MARTIN VISBECK

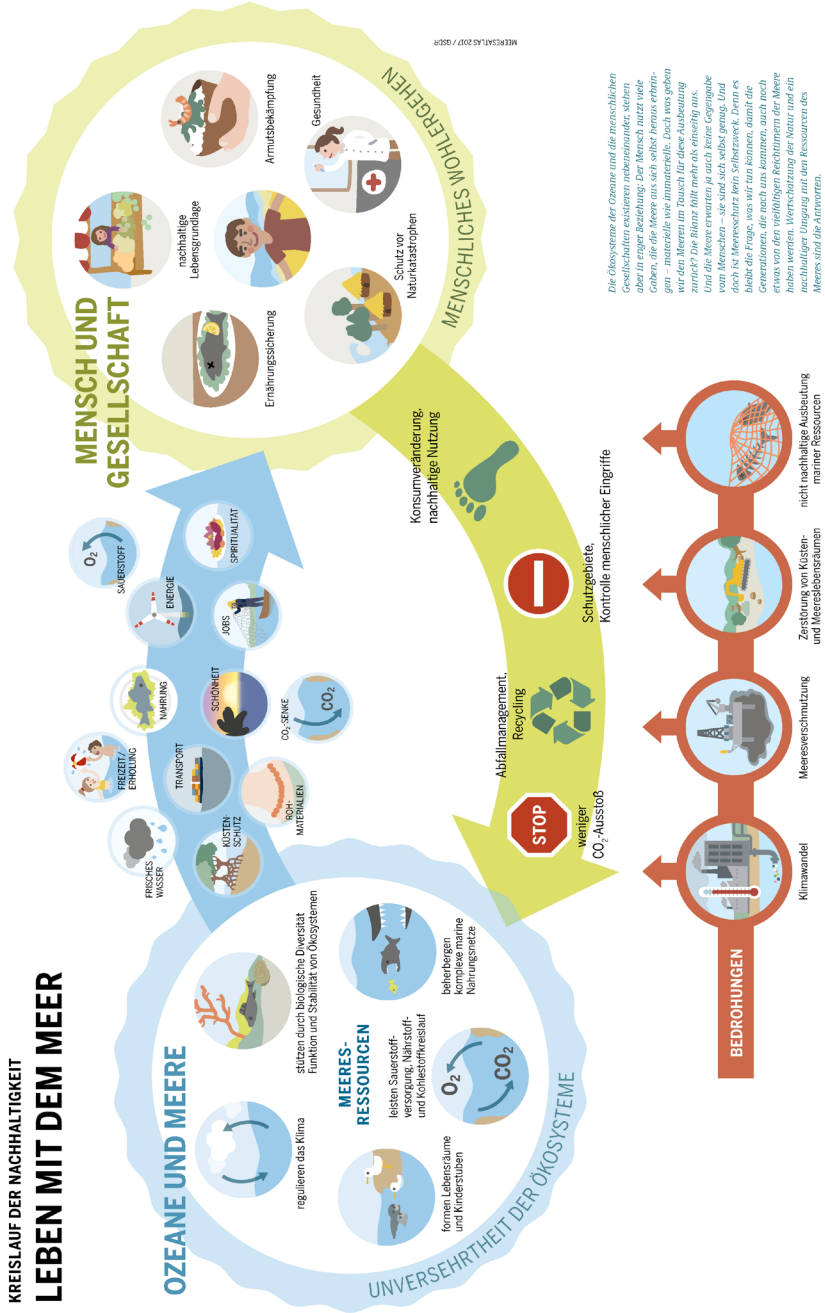
Leiter der FE Physikalische Ozeanographie GEOMAR, Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel, Düsternbrooker Weg 20, DE-24105 Kiel
E-Mail: nmahmud@geomar.de

Der Ozean bedeckt zwei Drittel der Erdoberfläche und beherbergt das größte zusammenhängende Ökosystem unseres Planeten mit immenser biologischer Vielfalt und insbesondere in der Tiefsee noch unerforschten Schätzen. Wir Menschen leben seit Jahrtausenden mit dem Ozean und suchen seine Nähe. Wir profitieren von seinen direkten und indirekten Leistungen, denn der Ozean stabilisiert das Klima, bringt Niederschläge, ist Transportweg, liefert Nahrung, Rohstoffe und Energie, er formt Siedlungs- und Erholungsräume – 15 der 20 größten Megastädte liegen an der Küste. Die natürliche Schönheit des Küstenreliefs und der Blick auf den Ozean geben uns Inspiration und der Ozean ist Quelle von Mythen und prägt unterschiedliche Kulturen und deren Religionen weltweit.

Der Ozean und unser Leben auf der Erde sind eng miteinander verflochten und die Zukunft der Menschen wird auch davon abhängen, wie wir mit ihm umgehen, denn der Ozean wandelt sich: Durch die rasant wachsende und sich entwickelnde Weltbevölkerung mit steigendem Bedarf an Ressourcen, durch zunehmende Verschmutzung und den vom Menschen verursachten Klimawandel steigt der Druck auf den Ozean – er wird höher, wärmer und versauert. Vor allem über Flüsse gelangen Abwässer, Chemikalien, aus Überdüngung stammende Nährstoffe und Müll in die Küstenmeere und später in den offenen Ozean. Schutz und Nutzung scheinen zunehmend aus dem Gleichgewicht zu laufen und bedürfen einer neuen Ausrichtung wie sie in den Nachhaltigkeitszielen der 2030 Agenda der Vereinten Nationen insbesondere im Ozean-Ziel (*Sustainable Development Goal (SDG) 14*) gefordert werden. Eine globale und lösungsorientierte Erforschung des Ozeans und eine verbesserte internationale Zusammenarbeit der Wissenschaft mit der Politik, der Wirtschaft und der Bevölkerung können maßgeblich einen gerechten und nachhaltigen Umgang mit dem Ozean gemeinsam und über Grenzen hinweg

* Der Vortrag wurde am 05.05.2017 beim Carl-Friedrich-Gauß-Kolloquium anlässlich der Jahresversammlung der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft gehalten.

Ein ähnlicher Artikel von Martin Visbeck ist erschienen in der Zeitschrift „Forschung und Lehre 11/17



ermöglichen und damit die ökosystemaren Leistungen des Ozeans auch für nachkommende Generationen sichern.

Das Leben hat sich im Ozean entwickelt. Die Ozeane bergen die größte Artenvielfalt der Erde. Diese Vielfalt an Lebensformen treibt die Stoffkreisläufe und Ökosysteme im Ozean an. Marine Ökosysteme sind aber zunehmend sich gegenseitig verstärkenden Stressfaktoren ausgesetzt, zu denen zum Beispiel die Erwärmung und Versauerung des Meerwassers und der Sauerstoffmangel zählen. Ebenso stressen die Überdüngung oder die Einwanderung fremder Arten die Ökosysteme. Die Forschung über den globalen Wandel hat sich bisher vor allem mit den kurzfristigen physiologischen und ökologischen Folgen anthropogener Störung beschäftigt. Das Potential von biologischen Systemen, sich kurzfristig an die globalen Veränderungen anzupassen, rückt nur langsam in das Bewusstsein und wurde bisher nur selten in computergestützter Modellierung berücksichtigt. Dies stellt eine bedeutende Wissenslücke für Szenarien des zukünftigen Ozeans bzw. für biogeochemische Modelle dar. Neue Forschungsergebnisse deuten darauf hin, dass Wechselwirkungen zwischen Ökologie und Evolution biotische Interaktionen bestimmen und somit die Funktion von Ökosystemen auf ähnlichen Zeitskalen beeinflussen wie heutige anthropogene Störungen.

Die Rolle des Ozeans im Klimawandel

Eine folgenreiche Konsequenz der globalen Erwärmung ist der Meeresspiegelanstieg. Der Ozean absorbiert 90 Prozent der zusätzlichen Wärme, die durch die veränderte Strahlungsbilanz der Atmosphäre im System Erde ankommt. Das dadurch erwärmte Wasser dehnt sich aus und der Meeresspiegel steigt. Dazu kommt der zunehmende Schmelzwassereintrag der Gletscher und Eisschilde, was zusammen bis heute 23 cm Meeresspiegelerhöhung global verursacht hat. Bis zum Ende des Jahrhunderts wird ein regional unterschiedlich ausgeprägter Meeresspiegelanstieg von bis zu 1 m erwartet. Selbst eine radikale Reduzierung des industriellen Kohlendioxid-Ausstoßes wird einen weiteren Anstieg von 0,5 m nicht mehr verhindern können. Der Meeresspiegelanstieg sowie die damit verbundenen Landverluste durch Küstenerosion und Überflutungen stellen die Küstenbewohner in den kommenden 20 bis 50 Jahren vor enorme Herausforderungen.

In den vergangenen 100 Jahren hat der Ozean ein Drittel des von Menschen in die Atmosphäre abgegebenen Kohlendioxids aufgenommen. Allerdings ist diese Pufferleistung begrenzt, denn höhere Wassertemperaturen des Ozeans und/oder die Verringerung der Umwälzbewegung der Ozeanströmungen haben eine Verringerung der Gasaufnahmekapazität des Ozeans zur Folge. Zudem ist die Aufnahme von Kohlendioxid nicht folgenlos, da zusätzlich im Ozean gelöstes Kohlendioxid als Kohlensäure den Säure-Base-Haushalt in Schieflage bringt und zur Versauerung führt. Dies hat unvollständig verstandene aber potentiell weitreichende

Effekte auf Nahrungsketten und Artenvielfalt. Die Forschung über die Folgen der Versauerung zeigt zwar, dass nicht alle Organismen im Meer empfindlich reagieren, allerdings erwarten die Experten eine Verschiebung der Ökosysteme. Viele kalkbildende Organismen wie Korallen, Muscheln, Seeigel oder Schnecken, die zum Teil wichtige Nahrung für Fische und Wale sind, werden geschädigt. Studien zeigen auch, dass marine Lebewesen in frühen Lebensstadien, wie zum Beispiel die Fischlarven, empfindlich auf einen sinkenden pH-Wert reagieren. Es ist ungewiss, ob ein neu eingestelltes Ökosystem die gleichen Mengen an Nahrung liefern kann. Die Erforschung der Reaktion von Arten und Ökosystemen auf den steigenden Kohlendioxid-Gehalt und die Meereserwärmung im Ozean bleibt eine komplexe Herausforderung für die Wissenschaft.

Die Beobachtung des Meeres: Der Patient Ozean braucht ein Langzeit EKG

Um ein genaues Bild der heutigen und zukünftigen Veränderungen des Ökosystems Ozean und der Mensch-Ozean-Wechselwirkungen zu zeichnen, brauchen wir viel mehr Informationen und Daten aus allen Bereichen des Ozeans und der Küsten. Polarumlaufende und geostationäre Satelliten liefern wichtige Informationen über die Meeresoberfläche. Elektromagnetische Strahlung kann jedoch nicht in den Ozean eindringen und deshalb müssen Daten direkt aus dem Meer gewonnen werden. Doch die Größe des Ozeans von insgesamt 335 Millionen Quadratkilometer macht es unmöglich mit Schiffen allein die Veränderungen regelmäßig ‚im Blick‘ zu haben.

Auch die Kosten sind hoch, zum Beispiel kostet der Betrieb eines Forschungsschiffes an einem einzigen Tag mehr Geld als der vierjährige Betrieb eines Messroboters. Deshalb spielen diese kostengünstigen Ergänzungen eine immer wichtigere Rolle in der kontinuierlichen Beobachtung der Weltmeere und dokumentieren zum Beispiel die fortschreitende Erwärmung. Ein gutes Beispiel für ein weltweites Netzwerk für eine umfassende Datenerfassung im Ozean ist das Argo-Netzwerk: Über 3500 selbstständig operierende Messsonden sind in allen Weltmeeren. Sie tauchen bis zu 2000 Meter tief und liefern laufend Daten für die Ozean- und Klima-Forschung. Gemeinsam bilden sie das weltweite Float-Netzwerk-Projekt Argo. Alle gewonnenen Daten werden sofort öffentlich und stehen der internationalen Gemeinschaft frei zur Verfügung.

Schatzkammer Ozean

Der Ozean ist reich an Arten, Lebensgemeinschaften, Lebensräumen und genetischen Ressourcen. Die Meerestiere sind nachwachsende Ressourcen, die für




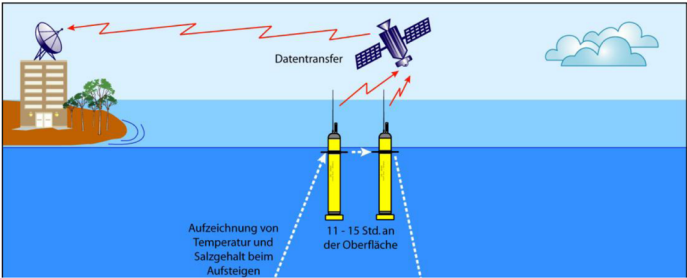
	Dr. Martin Visbeck setzt einen Argotiefendrifter aus. Im Hintergrund sieht man das Deutsche Forschungsschiff MARIA S. MERIAN. (Foto: Martin Visbeck)
	Treiben lassen für die Forschung: Argotiefendrifter schwimmt im Ozean kurz vor dem Abtauchen. (Foto: Martin Visbeck)
	Der Floater kann auch vom Schiff aus ins Wasser abgesetzt werden.

Abb. 3: Schema von Argo Float im Einsatz für die Meereswissenschaften. Selbstständig operierende Roboter tauchen ab, treiben in der Tiefe und messen beim Auftauchen Temperatur, Salzgehalt, Druck und geben die Daten über Satelliten an eine Bodenstation. (Schema frei verfügbar von der Argo-webseite)



viele Menschen Grundlage ihrer Ernährung u.a. als Hauptquelle der Versorgung mit tierischem Eiweiß sind. Jedes Jahr werden weltweit ca. 90 Millionen Tonnen

Fisch industriell gefangen und möglicherweise 50 Prozent mehr durch nicht erfasste Kleinfischerei.

Allerdings gelten heute rund 25 Prozent der Speisefische wie Kabeljau, Thunfisch oder Rotbarsch insbesondere durch industrielle Fischerei als überfischt oder von Überfischung bedroht und weitere 50 Prozent werden ohne Sicherheitsreserven vollständig befischt. Die Menschheit entzieht sich einer prinzipiell unendlich nachwachsenden Ressource für die Ernährungssicherheit, insbesondere von armen Küstenregionen. Wie eine nachhaltige Sicherung der Welternährung aus dem Meer durch entsprechende ökonomische, politische und rechtliche Maßnahmen ermöglicht werden kann erforschen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler verschiedener Disziplinen gemeinsam mit Politikerinnen und Politikern, Vertreterinnen und Vertretern der Fischindustrie und Fischerei im Rahmen integrativer Forschung.

Auch für die Medizin und die chemische Industrie haben marine Arten einen hohen Wert: Über die Funktionsweisen ursprünglicher Meeresorganismen können wichtige Rückschlüsse auf die biogeochemischen Vorgänge im Menschen, wie zum Beispiel die Evolution und Regulierung des Immunsystems oder Krankheiten, gezogen werden. Zunehmend werden medizinisch nutzbare Wirkstoffe aus dem Meer gewonnen und können in der Krebstherapie oder bei der Behandlung viraler Infektionen eingesetzt werden. Viele Möglichkeiten sind noch wenig erforscht und ihr ökonomisches Potenzial könnte mit dem Verlust der Artenvielfalt unerkannt und ungenutzt für immer verschwinden.

Weitere für unsere täglichen Aktivitäten wichtige Schätze des Ozeans sind die endlichen Ressourcen Erdgas und Erdöl, die wir zur Energiegewinnung nutzen. Ungefähr ein Drittel der weltweiten Förderung kommt bereits heute aus dem Ozean – mit steigender Tendenz. Denn der technische Fortschritt erlaubt die Förderungen in immer größeren Wassertiefen. Damit verbunden ist allerdings ein wachsendes Gefahrenpotenzial für die Umwelt. Unfälle wie 2010 im Golf von Mexiko (Deepwater Horizon) führen dies drastisch vor Augen.

Daneben wird die industrielle Förderung einer weiteren Energiequelle intensiv erforscht: die der Methanhydrate. Hiermit würde ein Energiereservoir erschlossen, dessen Risiken bei der Förderung und die damit verbundenen Umweltbelastungen für den Ozean allerdings noch nicht verstanden sind. Von großer Bedeutung könnten auch der Abbau von Massivsulfiden und die Gewinnung von Metallen aus mineralischen untermeerischen Rohstofflagern wie Manganknollen und Kobaltkrusten sein. Beim Meeresbergbau sind erhebliche Störungen der Meeresumwelt durch die Baggerarbeiten selbst und die eingesetzten Chemikalien zu erwarten. Es existieren Bestrebungen den Meeresbergbau auszubauen. Die Realisierung solcher *ocean mining*-Projekte ist abhängig von der wirtschaftlichen und technischen Entwicklung, von der Nachfrage, aber auch der Gewichtung des ökologischen Schadens und der rechtlichen Regulierung. Industrienationen

haben dabei einen Wettbewerbsvorteil, denn Entwicklungsländer können einen Tiefseebergbau nicht finanzieren und technisch umsetzen. Integrative Forschung ist hier gefragt für die Abschätzung der Möglichkeiten und Risiken im Dialog mit der Gesellschaft. Weitere Dimensionen sind der Abbau von Sand, Phosphaten und anderen Substanzen.

Der Ozean als Abfallbecken

Menschen gewinnen Schätze aus dem Ozean, aber sie entsorgen in ihn auch riesige Mengen an Abfall. Dabei erfolgt ca. 80 Prozent der Verschmutzung des Meeres von Land. Vor allem über Flüsse gelangen flüssige und fester Abfall- und Schadstoffe in die Küstenmeere und letztendlich in den Ozean. In der Öffentlichkeit wurde in den letzten Jahren zunehmend auf Plastik im Meer aufmerksam gemacht: Viele hunderttausend Müllteile findet man entlang der dicht besiedelten Küstenabschnitte; mitten im Ozean haben sich in Absinkregionen riesige Müllwirbel gebildet. Insbesondere der langlebige Plastikabfall wird zur tödlichen Falle für marine Säugetiere, Vögel, Schildkröten und Fische. Viel gefährlicher sind möglicherweise die nicht sichtbaren, mikroskopisch kleinen Zerfallsprodukte der Kunststoffe sowie giftige Zusätze wie Weichmacher und Lösungsmittel. Sie lagern sich in den Meeresorganismen ab und gelangen über die Nahrungskette zurück zum Menschen. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler in Kiel und weltweit forschen unter anderem daran, wie Verunreinigungen auf das Ökosystem Ozean wirken und wie sie lokal und global verhindert werden können.

Die Meeresumwelt wird auch durch Infrastrukturmaßnahmen und Bebauung von Küstenzonen beeinträchtigt: Der Bau von Küstenstädten, deren Hafenanlagen, das Ausbaggern von Fahrrinnen, Küstenschutzmaßnahmen oder Hotelanlagen schädigen Küstenökosysteme und küstennahe Lebensräume und führen zum Verlust von Salzwiesen, Mangroven, Korallen oder Wattflächen und beeinflussen die Topografie des Küstenraumes dauerhaft. Die oft sehr sichtbaren Veränderungen des natürlichen Küstenraums, den wir Menschen als Kultur- und Erholungsraum nutzen, weisen uns augenscheinlich auf die Notwendigkeit des Meeresschutzes hin.

Wem gehört der Ozean?

Etwa ein Drittel der marinen Fischbestände gilt heute schon als überfischt oder sogar zusammengebrochen – mit weitreichenden Folgen für das marine Ökosystem und die biologische Vielfalt im Meer. Neben der Bedrohung der lebenden Ressourcen durch die Überfischung gibt es neue Nutzungsformen des Ozeans, die bisher nicht von bestehenden internationalen Regelungen erfasst werden. Dazu gehören u.a. Maßnahmen zur Abschwächung des Klimawandels (Climate

Engineering) wie die Düngung der Ozeane mit Eisen oder die CO₂-Einlagerung im oder auf dem Meeresboden (Sequestrierung). Für solche Maßnahmen sind neue und international anerkannte Steuerungsmechanismen erforderlich. Die Verantwortung für diese Themenkomplexe lassen sich jedoch nicht einer Behörde, Institution oder Person zuordnen. Verschiedene Akteure wie Staaten, internationale Organisationen, private Unternehmen oder auch Einzelpersonen wirken auf den Ozean ein. Eine der zentralen Herausforderungen wird es sein, die zunehmende Vernetzung zwischen den unterschiedlichen Akteuren auf der einen Seite und den Themen, die zwischen Staaten und Zivilgesellschaften geregelt werden müssen, auf der anderen Seite zusammenzuführen. Daher müssen Regularien für unterschiedliche Ebenen aufgestellt und aufeinander abgestimmt werden (zum Beispiel durch internationale Verträge, EU-Recht oder inländisches Recht). Ziel der Wissenschaftler ist es, neue nachhaltige Ansätze für die Regulierung des Ozeans zu entwickeln, die alle Interessengruppen mit einbeziehen. Die Verantwortung für die nachhaltige Nutzung der Ozeane soll dabei ausgewählten Instanzen zugeordnet werden.

Für eine gute gemeinsame Zukunft der Menschen und des Ozeans – globale integrative Wissenschaft für einen nachhaltigen Umgang mit dem Ozean

Die Diagnose ist klar: Um ein „gesundes“ und produktives marines Ökosystem den folgenden Generationen zu vererben, müssen wir den Klimawandel begrenzen, die Überfischung reduzieren, die Verschmutzung eindämmen und effiziente Maßnahmen zum Schutz der biologischen Vielfalt der Meere etablieren. Die Weichen für einen nachhaltigen Umgang mit dem Ozean und einen gerechten Zugang zu seinen Ressourcen müssen jetzt gestellt werden. Diese gesamtgesellschaftliche Aufgabe stellt auch Anforderungen an die Forschung: Wie lassen sich Nutzung und Schutz des Ozeans und der Küsten vereinbaren und in effektive Konzepte der nachhaltigen Entwicklung umsetzen? Die heute lokal, regional und weltweit zur Verfügung stehenden Informationen über den Zustand der Meeresumwelt genügen oftmals nicht, um das gesellschaftliche Informationsbedürfnis über den Ozean zufriedenzustellen. Die Daten über den Ozean werden vor allem benötigt, um natürliche Schwankungen im Meer zu verstehen und bezogen auf Tage, Jahre und Dekaden vorhersagen zu können, und um die Reaktionen des Ozeans auf den Klimawandel (wie Ozeanerwärmung, Versauerung, Sauerstoffmangel) beschreiben und einschätzen zu können. Weiter werden Daten über den Einfluss des Menschen auf den Ozean, beispielsweise durch Verschmutzung oder Verringerung der Biodiversität, benötigt, um ein nachhaltiges Management lebender mariner Ressourcen aufzubauen und den Meeresschutz zu verbessern. Eine globale und lösungsorientierte Erforschung des Ozeans kann Entwicklungen analysieren, Szenarien entwickeln und deren potentielle Effizienz abschätzen.

Die Zukunft des Ozeans und die der Menschheit sind eng verbunden. Hoffnung macht das zunehmende politische Interesse am Ozean und der Küsten und den damit verbundenen Herausforderungen. Der nachhaltige Umgang der Menschen mit dem Ozean erfordert auch von der Meeresforschung mehr Interdisziplinarität, mehr Internationalität, mehr Offenheit, um der besonderen Verantwortung für den Ozean gerecht zu werden.

Nach wie vor gilt aber auch, dass sich Meeresschutz vor allem dann erreichen lässt, wenn Menschen selbst aktiv werden. Eine gut informierte und für das Meer sensibilisierte Öffentlichkeit kann den nötigen Druck erzeugen, um politische Änderungen zu bewirken. Dazu ist es vielerorts nötig, Menschen bei der nachhaltigen Bewirtschaftung ihres Lebensraumes zu unterstützen. Dieser Aufbau von Kompetenzen (*Capacity Building*) gilt als Schlüssel der nachhaltigen Entwicklung. Der bessere Umgang der Menschen mit dem Ozean erfordert auch von der Meeresforschung mehr Interdisziplinarität, mehr Internationalität, mehr Offenheit, um der besonderen Verantwortung für den Ozean gerecht zu werden.

In diesem Sinne danke ich den Besuchern meines Vortrags und den Lesern des Jahrbuchs für Ihr Interesse und Engagement für den Ozean.

Appendix

Gemeinsame Forschungsstation auf den Kapverden

Kiel kooperiert mit vielen internationalen Institutionen in der Forschung für einen nachhaltigen Umgang mit dem Ozean. Ein Beispiel ist die kürzlich eingeweihte Forschungs- und Logistikstation „Ocean Science Centre Mindelo“ in der kapverdischen Hafenstadt Mindelo, die gemeinsam vom GEOAMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel und dem nationalen kapverdischen Fischereiforschungsinstituts INDP (*Instituto Nacional de Desenvolvimento das Pescas*) betrieben wird. Sie wird die vielfältigen Forschungsaktivitäten der Kieler Meeresforscher in dem Gebiet des tropischen Nordostatlantiks zukünftig weiter stärken.

Die Kapverdischen Inseln vor der Westspitze Afrikas haben sich in den vergangenen Jahren zu einem wichtigen Standort der internationalen Meeresforschung entwickelt. Auf und vor den Inseln betreiben deutsche Einrichtungen Beobachtungsstationen für Ozean und Atmosphäre. Außerdem starten und enden zahlreiche Schiffsexpeditionen im Hafen von Mindelo, weil der tropische Atlantik eine Schlüsselrolle für die marine Biodiversität und für das globale Klima spielt. Nun gibt es mit dem *Ocean Science Centre Mindelo* in Mindelo eine feste Forschungsstation als Anlaufpunkt und Arbeitsplatz für kapverdische und internationale Arbeitsgruppen zu planen. Gleichzeitig soll die Station als Keimzelle einer verstärkten Kooperation mit Forscherinnen und Forschern aus

Kap Verde und anderen westafrikanischen Staaten dienen. Die Ausbildung des wissenschaftlichen Nachwuchses aus der Region ist zentraler Bestandteil der Kooperation und die Forschungsstation wird eine wichtige Plattform für die akademische Ausbildung sein.



Weitere Informationen:

	<p>Meeresatlas 2017, gemeinsame Veröffentlichung der Heinrich-Böll-Stiftung, der Heinrich-Böll-Stiftung Schleswig-Holstein, des Kieler Exzellenzcluster „Ozean der Zukunft“, und Le Monde diplomatique.</p>		<p>World Ocean Review, maribus, Ozean der Zukunft, KDM</p>
---	---	---	--

Über den Referenten:

Professor Dr. Martin Visbeck

GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel und Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Sprecher des Exzellenzclusters „Ozean der Zukunft“

Martin Visbeck ist Professor für physikalische Ozeanographie am GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel und an der Christian-Albrechts-Universität Kiel. Er ist Sprecher des Kieler Exzellenzclusters „Ozean der Zukunft“. Seine Forschungsschwerpunkte umfassen die Datenerhebung im Ozean, den Zusammenhang von Ozeanzirkulation und Klimadynamik und Strategien für einen nachhaltigen Umgang mit dem Ozean. Er ist in verschiedenen internationalen Netzwerken aktiv, die Wissenschaft, Politik, Wirtschaft und Gesellschaft einbeziehen, um Lösungen für globale Herausforderungen der Mensch-Ozean Wechselwirkungen wie Ernährungssicherheit, maritime Gesundheit und Material- und Energieversorgung zu erarbeiten.